

ネマチック液晶の電気工学特性

著者	石井 裕
号	705
発行年	1978
URL	http://hdl.handle.net/10097/9441

氏 名	いし 井 ゆたか 石 井 裕
授 与 学 位	工 学 博 士
学位授与年月日	昭和 54 年 3 月 27 日
学位授与の根拠法規	学位規則第 5 条第 1 項
研究科，専攻の名称	東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 電子工学専攻
学 位 論 文 題 目	ネマチック液晶の電気光学特性
指 導 教 官	東北大学教授 和田 正信
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 和田 正信 東北大学教授 高橋 正 東北大学教授 柴田 幸男

論 文 内 容 要 旨

第 1 章 緒 言

実用型の液晶表示方式には twisted nematic (TN) 型表示方式と dynamic scattering (DS) 型表示方式とがあるが、現在のところ前者の方が消費電力が少ないために小型の表示器として実用化が進んでいる。しかし、前者の方式では視野角が狭いという欠点があるのに対して、後者の方式では視野角が広いこと、比較的明確な電圧閾値をもつこと等の長所があるため、大面積のマトリックス型表示素子には後者の方が適していると考えられる。最近、マトリックス型画像表示方式に対する精力的な研究開発にともなって、この方式が改めて見直されてきている。

ところで、この DS 型表示方式には駆動電圧がやや高いこと、コントラストが十分でないこと、光源からの直射光の遮蔽が必要であることなどの欠点があり、従来からこれらの改善が要望されていた。

そこで本研究では、液晶の大画面表示への応用を考えてこの DS 型表示方式を取り上げ、各種のパラメータの及ぼす影響を詳細に検討するとともに前述の問題点を改善することを目的として行われた。

第 2 章 液晶試料及び液晶セル

本章では本研究で用いた液晶試料、各種の添加剤、液晶セルの構造などを取りまとめて示した。

第3章 DS型液晶セルの電気光学特性

本章ではまず、液晶の誘電率異方性^{*)}、導電率異方性比^{**)}、コレステリック液晶の添加量などのパラメータがDS型液晶セルの特性に及ぼす影響を詳細に検討した。ついで、液晶セルにおける駆動電圧やコントラストなどの改善を目的としてこれらのパラメータの最適条件を明らかにし、従来の液晶セルとの比較検討を行った。これらの議論は各節に分けて詳細に行っている。

〔1〕 DS型液晶セルに及ぼす誘電率異方性の影響

本節ではDS型液晶セルのコントラストや応答回復特性に及ぼす $\Delta\epsilon$ の効果を、壁面配列を変化させて検討し、セルの特性が $\Delta\epsilon$ の値に顕著に依存することを示した。そして、電圧印加時のセルの散乱状態をWilliams domain (WD), modified Williams domain (m-WD), DSM, abnormal DSM (a-DSM), secondary hydrodynamic structure (SHS) の5領域に区分出来ることを示し、 $\Delta\epsilon$ の値による特性の相違はこれらの領域の現われ方が異なるためであることを明らかにした。

表示素子としては、コントラストや応答回復特性などの点からDSM領域の特性が最も良好であった。従って、この領域が低電圧から現われ、しかも高いコントラストが得られるようにするために、 $\Delta\epsilon$ はほぼ -0.2 程度に調節する必要があることを明らかにした。さらに、この最適値は導電率が 10^{-9} mho/cm以上であれば導電率の値には依存しないことも合わせて示した。また、セル厚が変わった場合についても同様な議論が出来ることを示した。

〔2〕 DS型液晶セルの特性に及ぼす導電率異方性の影響

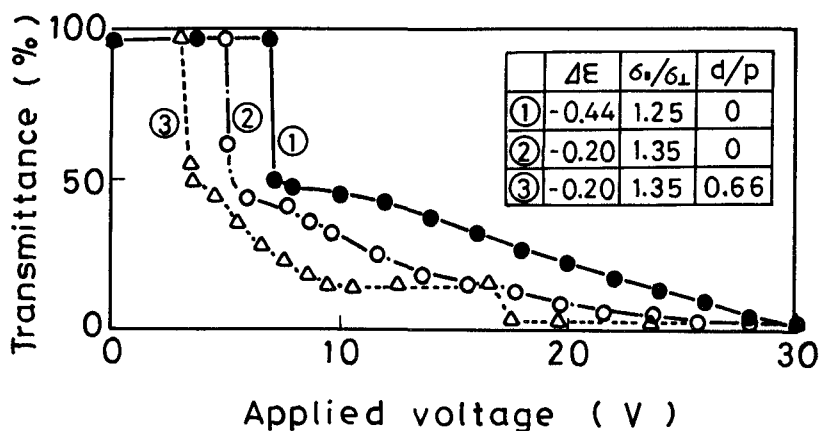
本節では $\sigma_{||}/\sigma_{\perp}$ を考慮に入れ $\sigma_{||}/\sigma_{\perp}$ と $\Delta\epsilon$ とを組み合わせた場合の特性を検討するとともにこれらの最適条件を明らかにした。すなわち、低電圧で高いコントラストを得るためには $\sigma_{||}/\sigma_{\perp}$ をなるべく大きい値とし、平行セルでは $\Delta\epsilon$ を $-0.2 \sim -0.05$ 、垂直セルではそれを -0.2 付近に選ぶのが適当であることを示した。また、 $\sigma_{||}/\sigma_{\perp}$ が大きくなるにしたがって、 $\Delta\epsilon$ の最適条件は次第に緩和されることも明らかにした。

〔3〕 DS型液晶セルの特性に及ぼすコレステリック液晶添加の影響

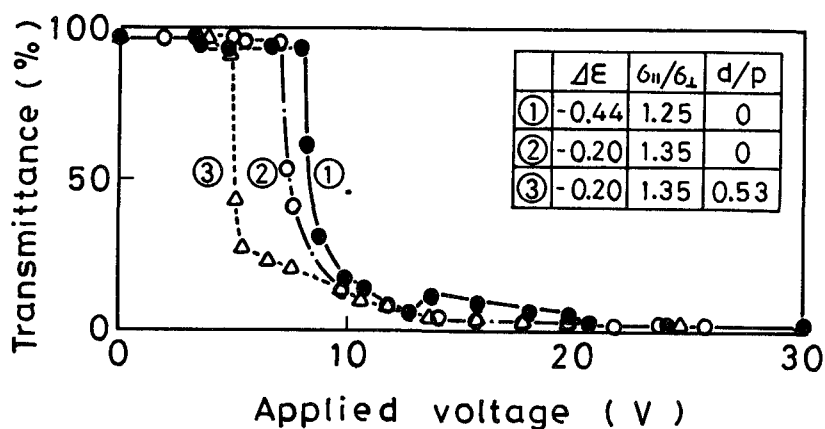
本節では、まずコレステリック・ネマチック混合液晶においてコレステリック液晶の添加量が混合液晶のらせんピッチ (p) に対応することを示し、ついで、この混合液晶の特性は(液晶層の厚さ; d)/(らせんピッチ; p)を変数にとることによって統一的に理解出来ることを明らかにした。また、d/pの最適値を、電圧閾値、コントラスト、応答回復特性などの面から検討し、平行セルでは 0.7 程度、垂直セルでは 0.5 程度であることを示した。さらにこの節では、 $\sigma_{||}/\sigma_{\perp}$ 、 $\Delta\epsilon$ 、d/pを最適値に選びセルの特性がどこまで改善できるかを明らかにした。図1に実験結果の一例を示す。ここで、①は従来のDS型液晶試料であり②は各パラメータを最適値に調節した

*) 「誘電率異方性」とはネマチック液晶分子の長軸方向の比誘電率 $\epsilon_{||}$ と短軸方向の比誘電率 ϵ_{\perp} の差 $\Delta\epsilon = \epsilon_{||} - \epsilon_{\perp}$ で表わされる量である。

**) 「導電率異方性比」とはネマチック液晶分子の長軸方向の導電率 $\sigma_{||}$ と短軸方向の導電率 σ_{\perp} の比 $\sigma_{||}/\sigma_{\perp}$ で表わされる量である。



(a) parallel-aligned cell



(b) vertically-aligned cell

図1 ΔE , $\sigma_{||}/\sigma_{\perp}$, d/p を各種の値に調節した
混合液晶における透過率の電圧依存性

のである。この図からわかるように、各種のパラメータを最適値に調節することによって従来の特性を著しく改善することができる。従来この種のセルでは駆動電圧が高いことが使用する上で1つの大きな障害となっていたが、このような検討によって10V以下の低電圧で十分駆動できるようになり、このセルの幅広い実用化の可能性がさらに高められたと考えられる。

壁面配列に関しては、垂直セルでは一般的に電圧閾値付近のコントラストが高いこと、平行セルでは電圧閾値が低く、応答回復が速いことなどを明らかにした。

第4章 液晶の偏光解消特性を用いた新しい表示方式（DTNセル）の特性

大画面の液晶表示素子を実現する上で重要な問題の1つとなるのは素子の視角特性である。これに関して、TN型液晶セルでは複屈折現象により視野角が極めて狭くなること、DS型液晶セルではTN型液晶セルほど視野角の面で制約を受けないが、それでも光源が直接目に入る方向では表示が消えてしまうことなどの欠点があり、いずれの方式においてもあらゆる方向から観察される表示器としては適さないものであった。

そこで本章では、このような問題を改善した新しい表示素子を提案するとともにこの素子の特性に及ぼす各種のパラメータの影響ならびに良好な特性が得られる条件を詳細に検討した。

この素子は図2に示すように、2枚の偏光子とねじれ配向をさせたDS型液晶セル及び散乱板からなり、電圧印加によって生じるDS状態の偏光解消特性を利用したものである。従って、この素子を“depolarization in twisted nematic layer”という意味からDTNセルと名付けた。

まず初めに、コレステリック液晶の添加量に対応するパラメータとして次のような δ ($-1/2 \leq \delta \leq 1/2$)を定義し、

$$\delta\pi = (2\pi d/p) - \theta_t \quad (1)$$

θ_t : 液晶層のねじれ角, p : 液晶の intrinsic ならせんピッチ,

d : 液晶層の厚さ

DTNセルの特性に及ぼす θ_t 及び δ の影響について検討した。その結果、次のようなことを明らかにした。

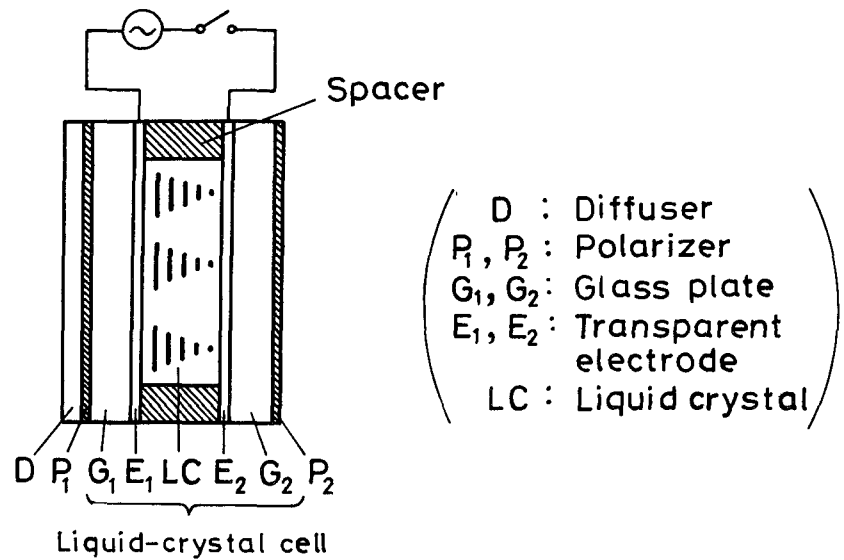
- (1) コレステリック液晶を添加しないセル($p=\infty$)では $\theta_t=\pi/2$ の条件で最も鋭い電圧閾値が得られる。この条件では δ の変化によって閾値は変化するが、その鋭さはほとんど変化しない。
- (2) $\theta_t=\pi/4$ のセルでも δ を大きくすることによって鋭い電圧閾値が得られる。しかし、この立上り特性は δ の値に顕著に依存するのでこのようなセルの製造には注意を要する。
- (3) $\pi/2 < \theta_t \leq \pi$ のセルでは鋭い電圧閾値は得られない。
- (4) δ の増加にともない概して電圧閾値は減少する。

図3に一例として $\theta_t=\pi/2$ のDTNセルの特性を示す。

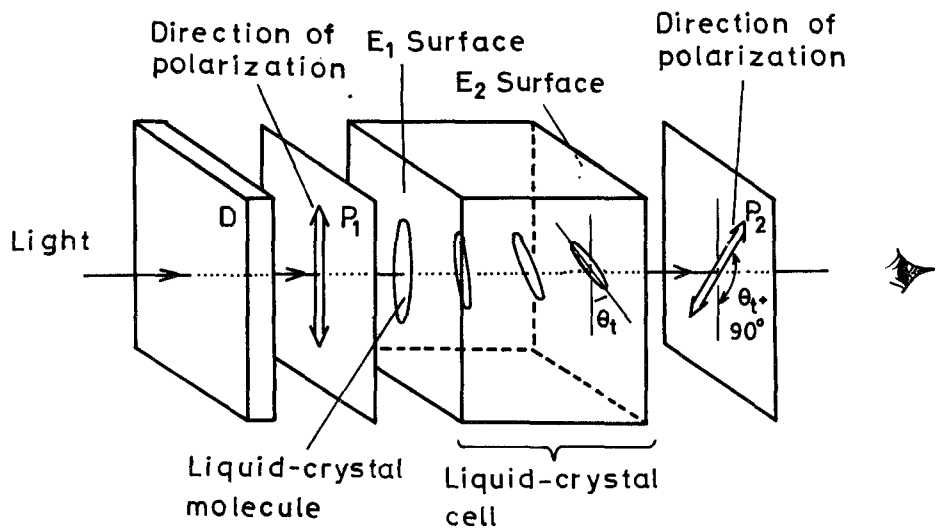
次に、 $\theta_t=\pi/2$ のDTNセルにおける $\sigma_{||}/\sigma_{\perp}$ 、 $\Delta\epsilon$ の影響を検討した。その結果、マトリックス駆動の場合には $\sigma_{||}/\sigma_{\perp}$ を小さくして、 $|\Delta\epsilon|$ ($\Delta\epsilon < 0$)を大きくし、スタティック駆動の場合には $\sigma_{||}/\sigma_{\perp}$ を大きくして $\Delta\epsilon$ を零よりわずかに小さくするのが望ましいことを示した。

さらに、DTNセルの視角特性、応答回復特性をTN型液晶セルと比較検討した。これらの実験結果も考慮してDTNセル特徴をまとめると次のようになる。

- (1) 電圧閾値付近の透過率の立上りが明確である。
- (2) 視野角が極めて広い。
- (3) DTNセルの応答速度をTN型液晶セルと比べると、同じ電圧を印加した場合はTN型液晶セルの方が速いが、電圧閾値で規格化した値(V/V_{th})で比較するとDTNの方がかなり速くなる。なお、マトリックス駆動の場合はこの V/V_{th} の方が重要なパラメータになる。また、回復



(a)



(b)

図 2. DTNセルの構成 (a)はセルの構造, (b)はセルの分子配向と偏光子の偏光方向との関係)

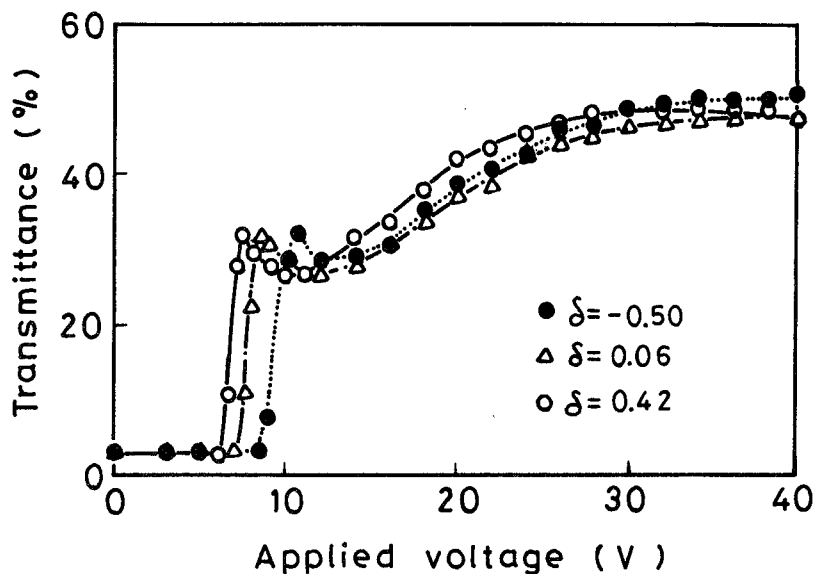


図 3. $\theta_t = \pi/2$ の DTN セルにおける δ をパラメータにした透過率の電圧依存性

速度は δ が小さいものでは一般的に TN 型液晶セルより速い。

(4) DS 型液晶セルのような周囲光や光源からの光の面倒な制御を必要としない。

以上の点から、この DTN セルは従来の TN 型液晶セルや DS 型液晶セルにないすぐれた特長を有し、特に比較的大面積のマトリックス型表示素子に適する方式であろうと考えられる。

第 5 章 結 言

本章では各章で得られた結論をまとめて示した。

審 査 結 果 の 要 旨

液晶の電気光学効果を利用した表示素子には、動的散乱現象を利用したものとねじれネマチックと呼ばれる分子配向を利用したものの2つの型式のものが実用されている。現在では後者のほうがよく使われているが、これは視野角が狭いという欠点がある。

したがって、マトリックス型の表示素子あるいは大型の視野角の広い表示素子が実用化されるようになると、前者の動的散乱現象を利用したものが評価されるようになる。筆者はこのような観点からネマチック液晶の動的散乱現象について詳細に研究し、若干のコレステリック液晶を添加して電気光学特性を改善し、それによる液晶表示素子の最適設計の条件を明確にする努力を続けてきた。本論文はその研究成果をとりまとめたもので、全文5章よりなる。

第1章は緒言である。第2章では本研究に使用された液晶材料及び液晶セルの作成方法を説明している。液晶はMBBA及びそれにEBBAを重量比で1:1で加えたものの2つを対象にしている。これに導電率およびその異方性、さらに誘電率異方性を調整するためにイオン性物質あるいは他の液晶を若干添加する。さらに電気光学特性を改善するためにコレステリック液晶の塩化コレステルをわずかに加えている。

第3章では動的散乱型の液晶セルの電気光学特性について論じている。まず電圧印加時の光散乱状態に5つの形態のあること、それらが誘電率異方性に依存することを明らかにしている。表示素子としてはそれらのなかで動的散乱を利用するのがよく、低電圧動作の点から誘電率異方性は-0.2程度とすること、導電率が 10^{-9} mho/cm以上であれば、導電率の値には依存しないことなどを示している。

さらにコレステリック液晶の添加の効果を液晶層の厚さ d とらせんピッチ P の比 d/P を変数として論じており、平行配向セル及び垂直配向セルで、それぞれ0.7, 0.5とすると動作電圧が下がり、コントラストが改善されることを示している。これらは興味ある知見である。

第4章では液晶の偏光解消特性を用いた新しい表示方式を論じている。これは液晶分子の配向を電極間でねじり、2板の偏光子の間に挟んだ構造のもので、電圧印加状態で動的散乱を起こさせて表示するものである。コントラストがよく、マトリックス型表示素子としてすぐれた特性をもつことを詳細に説明している。これらは重要な示唆である。

第5章は結論である。

以上要するに、本論文はネマチック液晶が電圧印加時に示す光散乱現象を詳細に研究し、液晶表示素子の構成材料に対する設計指針を明らかにし、さらに新しい動作様式の液晶表示素子を提案したもので、液晶工学、電子工学に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。